

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Edible Packaging*

Edible Packaging dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu berfungsi sebagai pelapis (coating) dan yang berbentuk sebagai lembaran (disebut *film*) sehingga dikenal istilah edible coating dan *edible film*. *Edible packaging* merupakan jenis kemasan primer yang sangat aman, karena bersifat edible, alami, nontoksik, dan praktis. Tidak ada perbedaan yang jelas antara *edible film* dan *edible coating*, bahkan sering kedua istilah ini digunakan secara bergantian. Tetapi jika lebih dispesifikkan, perbedaan *edible film* dan *edible coating* terletak pada metode aplikasinya, *coating* diaplikasikan dan dibentuk secara langsung pada produk yang dikemas, sedangkan *film* dibentuk menyerupai lapisan tipis terlebih dahulu, kemudian baru diaplikasikan ke produk yang dikemas jadi *edible coating* berfungsi dengan cara melekat langsung pada produk makanan, sedangkan *edible film* bertindak sebagai bahan lembaran tipis yang berdiri sendiri dan dapat digunakan sebagai pengemas atau pembungkus produk makanan (Harsunu, 2008).

2.2. *Edible film*

Edible film didefinisikan sebagai lapisan yang dapat dimakan yang ditempatkan di atas atau di antara komponen makanan (Lee dan Wan, 2006 dalam Hui, 2006). *Edible film* merupakan lapisan tipis dari materi yang dapat dimakan yang diletakkan diatas permukaan produk makanan untuk menyediakan penghalang bagi uap air, oksigen dan perpindahan padatan dari makanan tersebut. Aplikasi dapat dilakukan langsung pada permukaan makanan dengan cara

pencelupan, penyemprotan atau *brushing*. *Edible film* adalah pembungkus yang dapat dimakan. Karena digunakan untuk membungkus bahan pangan sehingga harus aman dan saniter. *Edible film* secara umum dapat didefinisikan sebagai lapisan tipis yang dibuat dari bahan-bahan yang layak untuk dimakan, yang dilapiskan pada permukaan bahan yang dikemas. Penggunaannya sebagai pembungkus misalnya pada permen, sosis, dodol dan lain-lain (Cagri dkk, 2004).

Pembuatan *edible film* berbasis pati pada dasarnya menggunakan prinsip gelatinisasi. Granula pati bersifat tidak larut dalam air dingin tetapi akan mengembang secara drastis ketika air dipanaskan. Granula pati dapat terus mengembang dan pecah sehingga tidak bisa kembali pada kondisi semula, perubahan sifat inilah yang disebut dengan gelatinisasi. Suhu pada saat butir pati pecah disebut suhu gelatinasi (52°C - 80°C), suhu gelatinasi atau suhu pembentukan pasta adalah suhu pada saat mulai terjadi kenaikan viskositas suspensi pati bila dipanaskan. Granula pati yang menggelembung dan membentuk pasta atau gelatin, jika suhu terus dinaikkan akan tercapai viskositas puncak dan setelah didinginkan molekul-molekul amilosa cenderung bergabung kembali yang disebut regelatinasi. Sebanyak 15-25% pati akan terlarut dalam bentuk koloid ketika campuran pati dan air dipanaskan. Bagian tersebut disebut dengan amilosa yaitu pati yang dapat larut (Koolman, 2005). Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat dari lepasnya air, sehingga gel akan membentuk *film* yang stabil (Wahyu, 2008).

Peningkatan penggelembungan granula oleh pengaruh panas akan meningkatkan viskositas pasta suspensi pati sampai mencapai tingkat pengembangan maksimum atau viskositas maksimum (VM) yaitu viskositas pada

saat terjadigelatinisasi sempurna. Makin besar kemampuan mengembang granula pati maka viskositas pasta makin tinggi dan akhirnya akan menurun kembali setelah pecahnya granula pati. Suspensi pati bila dipanaskan, granula granula akan menggelembung karena menyerap air dan selanjutnya mengalami gelatinasi dan mengakibatkan terbentuknya pasta yang ditandai dengan kenaikan viskositas pasta. Kenaikan viskositas ini disebabkan oleh terjadinya penggelembungan granula pati khususnya amilosa. Proses ini berlanjut terus hingga viskositas puncak pasta tercapai, kemudian viskositas menurun akibat gaya ikatan antara granula-granula pati yang telah mengembang dan tergelatinasi menjadi berkurang oleh pemanasan yang tinggi dan pengadukan yang keras. Selain itu struktur granula pati juga pecah sehingga menyebabkan penurunan viskositas pasta serta stabilitas viskositas pasta rendah (Krisna, 2011).

2.3. Komponen Pembentuk *Edible Film*

Komponen bahan dasar *edible film* dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu hidrokoloid, lipid dan komposit. Komponen hidrokoloid dapat dijadikan *edible film* diantaranya adalah protein, derivat selulosa, alginat, pektin, pati dan polisakaridanya. Lipid yang cocok adalah lilin, asilgliserol dan asam lemak. *Edible film* dari bahan campuran hidrokoloid dan lipid (komposit) dapat berbentuk bilayer, dimana lapisan yang satu hidrokoloid bercampur dalam lapisan hidrofobik. Komponen pembentuk *edible film* akan berpengaruh terhadap karakteristik fisik dan mekanik *film* yang dihasilkan (Krochta dkk., 1994).

a. Hidrokoloid

Hidrokoloid yang digunakan sebagai bahan baku *edible film* adalah protein dan karbohidrat. *Film* yang dibentuk dari karbohidrat dapat berupa pati, gum

(seperti alginat, pektin dan gum arab) serta pati yang dimodifikasi secara kimia. Pembentukan *ediblefilm* berbahan dasar protein antara lain dapat menggunakan gelatin, kasein, protein kedelai, protein whey, gluten gandum dan protein jagung. *Ediblefilm* yang terbuat dari hidrokoloid sangat baik sebagai penghambat perpindahan oksigen, memiliki karakteristik mekanik yang baik sehingga cocok digunakan untuk memperbaiki struktur *film* agar tidak mudah hancur (Krochta dkk., 1994).

Polisakarida sebagai bahan dasar *ediblefilm* dapat dimanfaatkan untuk mengatur udara sekitarnya dan memberikan ketebalan atau kekentalan pada larutan *ediblefilm*. Pemanfaatan dari senyawa yang berantai panjang ini sangat penting karena tersedia dalam jumlah yang banyak, harganya murah, dan bersifat non-toksik (Krochta dkk., 1994). *Edible film* yang dibuat dari hidrokoloid mempunyai kelebihan diantaranya untuk melindungi produk terhadap oksigen, karbondioksida dan lipid serta meningkatkan kekuatan fisik. Kelemahan *film* dari karbohidrat adalah tingkat ketahanan terhadap uap air sangat rendah akibat sifat hidrofiliknya.

Beberapa jenis protein yang berasal dari protein tanaman dan hewan dapat membentuk *film* seperti gluten gandum, protein kedelai, protein kacang, keratin, kolagen, gelatin, kasein dan protein dari whey susu. Albumin telur dapat digunakan sebagai bahan pembentuk *film* yang baik yang dikombinasikan dengan gluten gandum dan protein kedelai. *Ediblefilm* dari protein sangat dipengaruhi oleh perubahan pH (Krochta dkk., 1994).

b. Lipid

Edible film yang berasal dari lipid sering digunakan sebagai penghambat uap air atau bahan pelapis untuk meningkatkan kilap pada produk-produk kembang gula. *Edible film* dari lipid mempunyai kelebihan yaitu baik digunakan untuk melindungi penguapan air atau sebagai bahan pelapis untuk mengoles produk konfeksioneri, sedangkan kekurangannya yaitu kegunaan dalam bentuk murni sebagai *film* terbatas karena kekurangan integritas dan ketahanannya (Lee & Wan, 2006).

Karakteristik *edible film* yang dibentuk oleh lemak tergantung pada berat molekul dari fase hidrofilik dan fase hidrofobik, rantai cabang dan polaritas. Lipid yang sering digunakan sebagai *edible film* antara lain lilin (*wax*) seperti parafin, carnauba, asam lemak, monogliserida dan resin (Lee & Wan, 2006).

c. Komposit

Komposit *film* terdiri dari komponen lipida dan hidrokoloid. Aplikasi dari komposit *film* dapat dalam lapisan satu-satu (*bilayer*), di mana satu lapisan merupakan hidrokoloid dan satu lapisan lain merupakan lipida atau dapat berupa gabungan lipida dan hidrokoloid dalam satu kesatuan *film*. Lipida dapat meningkatkan ketahanan terhadap penguapan air dan hidrokoloid dapat memberikan daya tahan terhadap uap air. *Edible film* gabungan antara lipida dan hidrokoloid ini dapat digunakan untuk melapisi buah-buahan dan sayuran yang telah diolah minimal. *Edible film* dari komposit dapat meningkatkan kelebihan dari *film* hidrokoloid dan lipid serta mengurangi kelemahannya (Fennema, 1994).

2.4. Pati Kimpul

Pati adalah karbohidrat yang merupakan polimer glukosa, dan terdiri atas amilosa dan amilopektin. Amilosa adalah komponen minor dari pati dan mempunyai struktur linier yang terbentuk dari ikatan α -1,4 glikosidik dengan derajat polimerisasi antara 100-1000 unit glukosa. Amilopektin terbentuk dari ikatan α -1,4 glikosidik dan bercabang pada ikatan α -1,6 glikosidik. Rasio antara amilosa dan amilopektin didalam pati sangat bervariasi dan berpengaruh besar terhadap kelarutan, kekentalan, pembentukan gel, dan suhu gelatinisasi dari pati (Marinih dkk., 2004).

Pati dapat diperoleh dari biji-bijian, umbi-umbian, sayuran, maupun buah-buahan. Sumber alami pati antara lain adalah jagung, labu, kentang, ubi jalar, pisang, barley, gandum, beras, sagu, ubi kayu, ganyong, dan sorgum. Pemanfaatan pati asli masih sangat terbatas karena sifat fisik dan kimianya kurang sesuai untuk digunakan secara luas. Oleh karena itu, pati akan meningkat nilai ekonominya jika dimodifikasi sifat-sifatnya melalui perlakuan fisik, kimia atau kombinasi keduanya (Liu dkk, 2005).

Kimpul termasuk dalam jenis talas-talasan yang berasal dari benua Amerika. Talas ini memiliki nama ilmiah yaitu *Xanthosoma sagittifolium*. Kimpul sering disebut juga dengan talas Belitung. Talas ini merupakan yang dapat tumbuh sepanjang tahun di wilayah tropis maupun subtropis, sehingga sangat layak untuk dikembangkan. Umumnya kimpul ditanam sela di antara tanaman palawija lain atau di pekarangan (Wahyudi, 2009).

Tinggi tanaman kimpul dapat mencapai dua meter, tangkai daun tegak, tumbuh dari tunas yang berasal dari umbi yang merupakan batang dari bawah

tanah. Secara anatomi, umbikimpul tersusun atas parenkim yang tebal, terbungkus kulit berwarna coklat pada bagian luar dan umbi berpati pada bagian dalamnya (Saputra dkk, 2015).

Menurut Rodriguesdkk, (2009) taksonomi dari tanaman talas kimpul adalah ;

Kingdom : Plantae

Super Divisi : Spermatophyta

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida

Ordo : Arales

Famaili : Arceae

Genus : *Xanthosoma*

Spesies : *Xanthosoma sagittifolium*

Kimpul termasuk dalam tumbuhan berbunga (*Spermathophyta*) yang berbiji tertutup (*Angiospermae*), dan berkeping satu (*Monocotyle*). Komposisi gizi dan kimia umbi kimpul tergantung dari varietas, iklim, kesuburan tanah dan umur panen (Saputra dkk, 2015).



Gambar 2. Umbi Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) (Marinih, 2005)

Xanthosoma merupakan suatu tumbuhan daerah hutan hujan tropis, membutuhkan suhu antara 25° – 29°. *Xanthosoma* merupakan tanaman daerah

dataran rendah tetapi adakalanya tumbuh pada ketinggian 2000 m dan juga hidup pada kelembaban tanah cukup. Tidak seperti pada *Colocasia*, *Xanthosoma* tidak tahan terhadap kelebihan air. *Xanthosoma* tumbuh dengan baik pada lahan yang subur dengan drainasi baik, pada pH 5,5 – 6,5. Tumbuhan ini tahan terhadap naungan dan lahan yang bersifat garam (Nurjannah, 2004).

Kimpul termasuk jenis umbi-umbian yang mempunyai sumber karbohidrat sebesar 34,2 gram dari total umbi mentah. Kimpul juga mengandung senyawa antigizi berupa kalsium oksalat yang dapat menimbulkan rasa gatal, sensasi terbakar dan iritasi pada kulit, mulut, tenggorokan dan saluran cerna pada saat dikonsumsi (Saputra dkk, 2015). Senyawa antigizi adalah senyawa kimia yang dapat mengganggu fungsi dan atau ketersediaan hayati zat gizi. Konsentrasi asam oksalat dalam dosis tinggi bersifat merusak karena dapat menyebabkan gastroenteritis, shock, kejang, rendahnya kalsium plasma, tingginya oksalat plasma dan kerusakan jantung. Efek yang dapat disebabkan jika mengkonsumsinya yaitu terjadi endapan Kristal kalsium oksalat dalam ginjal dan membentuk batu ginjal. Adapun dosis yang dapat menyebabkan efek kronis adalah antara 10-15 gram. Sedangkan pada umbi kimpul kalsium oksalat yang terkandung masih dibawah titik aman yaitu 1,83 mg dalam 100 gram bahan (Arief dkk, 2012).

Dalam penanganannya, kalsium oksalat dapat dihilangkan dengan cara fisik, mekanis, dan kimiawi. Yang dimaksud dengan cara fisik yaitu dengan cara perebusan dengan api yang besar sampai kulitnya dapat dikelupas. Sedangkan cara mekanis yaitu dengan menggunakan bantuan alat seperti *stamp Mill* dan *Blower*. Prinsip kerja dari alat tersebut yaitu menghancurkan bahan menjadi partikel berukuran kecil untuk mengekstrak komponen bahan pangan campuran kering

berdasarkan perbedaan ukuran dengan diberikan aliran udara yang bergerak, sedangkan secara kimiawi dengan menggunakan garam dapur karena selama proses penggaraman akan terjadi proses osmosis yaitu air dalam jaringan bahan akan ditarik oleh larutan garam (Arief dkk, 2012).

Pati kimpul mengandung amilosa 35,34%, dua kali lebih besar dibandingkan kandungan amilosa pati ubi kayu (Perez, dkk. 2005) sehingga apabila dibuat pelapis *edible* akan lebih kuat dan fleksible dibandingkan pelapis dari pati ubi kayu. Komposisi gizi dan kimia kimpul tergantung dari varietas, iklim, kesuburan tanah dan umur panen. Selain itu, umbi kimpul mengandung protein, lemak, vitamin dan mineral. Kandungan gizi umbi kimpul dapat dilihat pada Tabel 1.

Berikut merupakan kandungan gizi talas kimpul.

Tabel 1. Komposisi Gizi Umbi Kimpul

Koposisi Gizi	Jumlah %
Protein (%)	2,81%
Lemak (%)	0,08%
Karbohidrat (%)	28,66%
Air (%)	67,26%
Pati (%)	27,63%
Abu (%)	1,19%
Serat Kasar (%)	0.56%

Sumber : (Perez dkk, 2005)

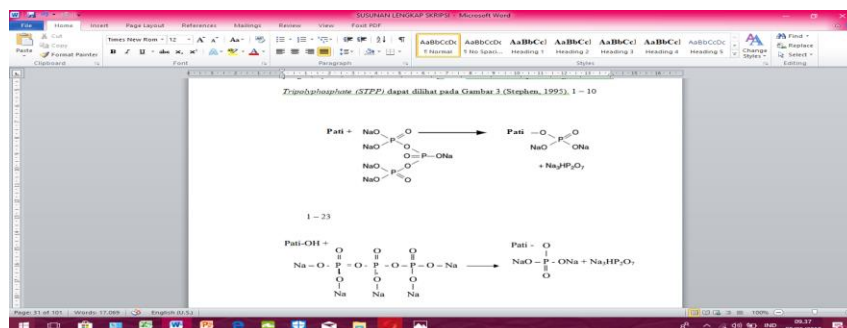
2.5. Sodium Tripolyphosphate (STTP)

Sodium tripolyphosphate (STTP) atau merupakan bahan kimia berbentuk serbuk dan atau butir-butir halus berwarna putih yang terdiri dari $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$. STTP merupakan salah satu agen *crosslinking* selain *phosphorus oxychloride*, *sodium trimetaphosphate* (STMP), *epichlorohydrin*, *formaldehyde* dan asam borat (Canisag, 2015), monosodium fosfat (MSP) (Mao, dkk, 2006).

Sodium tripolifosfat (STTP) adalah bahan kimia berbentuk serbuk dan atau butir - butir halus berwarna putih yang terdiri dari $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$. Pemberian STTP maksimal 0,4% (b/v) sebagai bahan tambahan makanan. (Deptan,2006). STTP dapat digunakan dalam pembuatan *edible film* yaitu sebagai agent crosslinking agar struktur *edible film* dapat diperbaiki dan tidak mudah rapuh.

Menurut penelitian Wahyudi (2009) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi sodium tripolyphosphate (STPP) cenderung meningkatkan ketebalan dan kelarutan *film*, tetapi menurunkan kuat regang putus dan perpanjangan *edible film* yang dihasilkan. Peningkatan konsentrasi STPP cenderung menaikkan laju transmisi uap air *edible film*. Laju transmisi uap air/ watervapour tranmission rate (WVTR) terendah adalah pada *edible film* dengan STPP sebesar 0,1%, sehingga *edible film* inilah yang selanjutnya digunakan untuk aplikasi pengemasan buah anggur merah.

Penggunaan STPP juga akan menyebabkan ikatan pati menjadi kuat, tahan terhadap pemanasan dan asam sehingga dapat menurunkan derajat pembengkakan granula serta meningkatkan stabilitas adonan, karena adanya ikatan antara pati dengan fosfat diester atau ikatan silang antar gugus hidroksil (OH) (Retnaningtyas, 2014), dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Reaksi pati dan STTP (Retnaningtyas, 2014).

Gugus monofosfat menstabilkan pati dengan mengikat silang antara amilosa dan amilopektin dan juga mempengaruhi ion-ion pada molekul pati serta merubahnya menjadi polielektrolit ionik. Pati monofosfat ketika terdispersi dalam air akan memiliki viskositas yang lebih tinggi, kejernihan yang lebih cerah dan stabilitas yang lebih baik. Gugus substitusi monofosfat akan menurunkan suhu gelatinisasi. Pati monofosfat sebagai pati termodifikasi dapat dibuat dengan mereaksikan pati dengan mono atau *orthophosphate* atau STTP dengan kadar yang dinyatakan tidak lebih dari 0,4% (Stephen dkk, 2006).

2.6. Karagenan

Karagenan merupakan polisakarida yang linear atau lurus, dan merupakan molekul galaktan dengan unit-unit utamanya adalah galaktosa. Karagenan merupakan getah rumput laut yang diekstraksi dengan air atau larutan alkali dari spesies tertentu dari kelas *Rhodophyceae* (alga merah). Karagenan merupakan senyawa hidrokoloid yang terdiri dari ester kalium, natrium, magnesium dan kalsium sulfat. Karagenan merupakan molekul besar yang terdiri dari lebih 1.000 residu galaktosa. Oleh karena itu, variasinya banyak sekali. Karagenan dibagi atas tiga kelompok utama yaitu : kappa, iota dan lambda karagenan yang memiliki struktur yang jelas (Yasita dan Rahmawati, 2010).

Rendemen dan sifat karagenan dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain jenis rumput laut, musim dan letak panen, metode ekstraksi, metode presipitasi, metode pengeringan, dan metode fraksinasi. Hal ini menunjukkan komposisi karagenan akan berbeda di setiap waktu panen dan metode pengolahannya. Oleh karena itu, analisis kuantitatif karagenan sangat diperlukan (Pelegrin dkk, 2006). Interaksi karagenan dengan pati, apabila semakin tinggi konsentrasi karagenan

yang digunakan maka gelatinisasi pati akan membentuk 3D sebagai hasil interaksi rantai pasangan karagenan dan pati sehingga akan membentuk matriks film yang semakin kuat sehingga film semakin bersifat tidak elastis atau mudah putus dan akibatnya persentase perpanjangan semakin menurun (Lacroix dkk, 2002).

2.7. Sifat Fisik, Mekanik dan Barrier *Edible Film*

a. Ketebalan *Film*

Ketebalan merupakan sifat fisik *edible film* yang besarnya dipengaruhi oleh konsentrasi hidrokoloid pembentuk *edible film* dan ukuran plat kaca pencetak. Ketebalan *edible film* mempengaruhi laju uap air, gas dan senyawa volatil lainnya. Sebagai kemasan, semakin tebal *edible film*, maka kemampuan penahannya akan semakin besar atau semakin sulit dilewati uap air, sehingga umur simpan produk akan semakin panjang. Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan film dalam pembentukan produk yang akan dikemasnya. Ketebalan *film* akan mempengaruhi permeabilitas gas. Semakin tebal *edible film* maka permeabilitas gas akan semakin kecil dan melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik. Ketebalan juga dapat mempengaruhi sifat mekanik film yang lain, seperti *tensile strength* dan *elongasi*. Namun dalam penggunaannya, ketebalan *edible film* harus disesuaikan dengan produk yang dikemasnya (Kusumasmarawati, 2007). Kepaduan dari *edible film* atau lapisan pada umumnya meningkat secara proporsional dengan ketebalan (Guilbert and Biquet, 1990).

Ketebalan adalah parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan *film* dalam pembentukan produk dikemasannya (Suryaningrum dkk, 2005). Menurut Diredja (1996), ketebalan pengemas akan memengaruhi umur

simpan produk, apabila semakin tebal maka laju transmisi uap air dan gas akan semakin rendah. Akan tetapi, kenampakan *edible film* yang tebal akan memberi warna yang semakin buram atau tidak transparan dan akan mengurangi penerimaan konsumen karena produknya menjadi kurang menarik. Menurut Zhang dan Han (2006) bahwa, ketebalan *film* meningkat sesuai dengan meningkatnya *plasticizer* dari 4,34-10,87 mmol/g dan berat molekul *plasticizer* dari 92,09-182,2 pada penelitian dengan menggunakan beberapa monosakarida dan poliols sebagai *plasticizer*. *Edible film* dengan gliserol sebagai *plasticizer* mempunyai ketebalan paling tipis jika dibandingkan dengan yang lain, berat molekulnya paling kecil, mempunyai konsentrasi padatan terlarut paling rendah. *Edible film* yang terlalu tebal dapat memberikan efek yang merugikan.

b. Transparansi

Transparansi adalah kemampuan suatu bahan untuk meneruskan cahaya. Transparansi *edible film* dipengaruhi oleh ketebalan *edible film*, dimana semakin tebal *edible film* maka transparansinya akan semakin rendah dan tidak disukai karena kenampakannya.

c. Kelarutan dalam Air

Kelarutan *film* merupakan faktor yang penting dalam menentukan biodegradabilitas *film* ketika digunakan sebagai pengemas. Ada *film* yang dikehendaki tingkat kelarutannya tinggi atau sebaliknya tergantung jenis produk yang dikemas (Nurjannah, 2004). Daya larut merupakan salah satu sifat fisik *edible film* yang menunjukkan persentase berat kering terlarut setelah dicelupkan dalam air selama 24 jam (Gontard dkk., 1993). Daya larut *film* sangat ditentukan oleh sumber bahan dasar pembuatan *film*. *Edible film* berbahan dasar pati tingkat

kelarutannya dipengaruhi oleh ikatan gugus hidroksil pati. Makin lemah ikatan gugus hidroksil pati, makin tinggi kelarutan *film*. *Edible film* dengan daya larut yang tinggi menunjukkan *film* tersebut mudah dikonsumsi. Menurut Setya (1997) kelarutan film dalam air disebabkan oleh konsentrasi bahan yang ditambahkan saat pembuatan *film*.

d. Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Kuat tarik merupakan tarikan maksimal yang dapat dicapai *film* sebelum *film* putus atau sobek. Nilai *tensile strength* menunjukkan besarnya gaya yang diperlukan untuk mencapai tarikan maksimal pada setiap satuan luas *film* (Krochta dan DeMulder-Johnston, 1997). *Edible film* harus dipertahankan keutuhannya selama pemrosesan bahan yang dikemasnya. Cara untuk menguji kemampuannya harus dilakukan dengan evaluasi terhadap sifat-sifat mekaniknya yang meliputi kuat tarik dan perpanjangan (Khotimah, 2006). Berdasarkan *Japan Industrial Standard* (1975) minimal nilai kuat tarik yang dimiliki *edible film* 0,39 MPa.

Menurut Krochta dan de Mulder Johnston (1997), *tensile strength* (kekuatan regang putus) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum *film* putus atau robek. Pengukuran kekuatan regang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area *film* untuk merenggang atau memanjang.

e. Pemanjangan (*Elongasi*)

Pemanjangan didefinisikan sebagai persentase perubahan panjang *film* pada saat *film* ditarik sampai putus (Krochta dan DeMulder-Johnston, 1997). Nilai elongasi *edible film* menunjukkan kemampuan rentangnya (Gontard dkk.,

1993). Berdasarkan *Japan Industrial Standard* (1975) nilai elongasi $<10\%$ berarti sangat buruk, apabila $>50\%$ berarti sangat baik.

f. Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air atau WVTR (*water vapour transmission rate*) merupakan jumlah uap air yang hilang persatuan waktu dibagi dengan luas *film*. Laju transmisi uap air akan menentukan permeabilitas uap air *film* (McHugh dan Krochta, 1994 dalam Krochta dkk., 1994). Kemampuan *edible film* dalam menahan migrasi uap air dari buah merupakan sifat yang penting untuk diketahui, karena menurut Gontard dkk., (1993), salah satu fungsi *edible film* adalah untuk menahan migrasi uap air. Krochta dkk., (1994) juga menyebutkan, pada umumnya kehilangan air pada produk buah-buahan dan sayur-sayuran merupakan penyebab utama kerusakan selama penyimpanan. Kehilangan air tersebut dapat menyebabkan buah-buahan dan sayuran mengalami susut berat dan tampak layu atau berkerut sehingga kurang diminati oleh konsumen. Faktor utama penyebab tingginya nilai laju transmisi uap air *edible film* adalah komponen hidrofilik lebih tinggi dibanding komponen hidrofobik, namun peningkatan komponen hidrofobik dalam matrik *edible film* dapat menyebabkan penurunan elastisitas (Garcia dkk., 2000).

Laju transmisi uap air adalah jumlah uap air yang hilang persatuan waktu dibagi dengan luas area *film*. Laju transmisi uap air ditentukan oleh permeabilitas uap air pada *film* (Khotimah, 2006). Ketahanan suatu *film* terhadap uap air sangat menentukan daya simpan produk pangan yang dikemas. Semakin rendah permeabilitas plastik maka semakin lama daya simpan produk pangan yang dikemasnya. Semakin besar penambahan berat, maka semakin besar pula daya

permeabilitasnya yang berarti semakin mudah untuk melewati gas termasuk uap air, produk pun akan semakin mengalami penurunan kualitas. Berdasarkan *Japan Industrial Standard* (1975) nilai laju transmisi uap air maksimal 7 g/m²/hari.

